

临床研究

DOI: 10.13406/j.cnki.cyx.003357

前庭诱发肌源性电位和耳蜗电图对急性低频感音神经性聋预后的预判价值

江黎珠, 孙 平, 宗小芳

(重庆医科大学附属第一医院耳鼻喉科, 重庆 400016)

【摘要】目的:探讨前庭诱发肌源性电位和耳蜗电图对急性低频感音神经性聋(acute low frequency sensorineural hearing loss, ALFHL)预后的预判价值。**方法:**收集 2020 年 1 月至 2022 年 6 月在重庆医科大学附属第一医院耳鼻喉科住院的 60 例单侧首次 ALFHL 患者的病历资料。所有患者入院后行耳蜗电图(electrocochleography, EcochG)、眼性前庭诱发肌源性电位(ocular vestibular evoked myogenic potential, oVEMP)、颈性前庭诱发肌源性电位(cervical vestibular evoked myogenic potential, cVEMP)检查;于治疗开始前,治疗后 1 周、2 周和 1 月行纯音测听检测。EcochG-SP/AP>0.4 和 SP/AP 面积比>1.92 为异常。cVEMP 和 oVEMP 波形引出与否,振幅比(≤ 1.61)和不对称比(≤ 0.29),其中任何一项异常为异常。各组间率的比较采用卡方检验、McNemar 检验和 Mann-Whitney 检验,ALFHL 预后的危险因素分析采用单因素和多因素二元 logistic 回归分析。**结果:**60 例 ALFHL 患者中,EcochG、cVEMP 和 oVEMP 异常率分别为 26.7%、23.3% 和 35.0%。EcochG 和 oVEMP 异常率与患者年龄、性别、听力损失水平、治疗起始时间、有无伴耳闷和头晕无相关性。cVEMP 异常率在听力损失>40dB HL 的 ALFHL 中显著高于≤40 dB HL 的患者($P<0.05$)。EcochG、cVEMP 和 oVEMP 异常的患者听力提高程度均低于其正常的患者($P<0.05$)。单因素二元 logistic 回归分析发现,异常的 EcochG、cVEMP 和 oVEMP 是 ALFHL 不痊愈的危险因素(均 $P<0.05$),而多因素二元 logistic 回归分析发现仅 cVEMP 和 oVEMP 是 ALFHL 不痊愈的独立危险因素(均 $P<0.05$)。**结论:**异常的 cVEMP 和 oVEMP 是 ALFHL 患者不痊愈的独立危险因素,这可能与 ALFHL 患者球囊和椭圆囊内淋巴积水严重不易消退有关。检查 cVEMP 和 oVEMP 发现其异常,提示 ALFHL 患者不痊愈风险大。

【关键词】急性低频感音神经性聋;耳蜗电图;前庭诱发肌源性电位;预后

【中图分类号】R764.3

【文献标志码】A

【收稿日期】2023-06-26

Value of vestibular evoked myogenic potentials and electrocochleography in predicting the prognosis of acute low-frequency sensorineural hearing loss

Jiang Lizhu, Sun Ping, Zong Xiaofang

(Department of Otolaryngology, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University)

【Abstract】Objective: To investigate the value of vestibular evoked myogenic potentials (VEMPs) and electrocochleography (EcochG) in predicting the prognosis of acute low-frequency sensorineural hearing loss (ALFHL). **Methods:** Medical records were collected from 60 patients with first-time unilateral ALFHL who were hospitalized in Department of Otolaryngology, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University from January 2020 to June 2022. All patients underwent the examinations of EcochG, ocular vestibular evoked myogenic potentials (oVEMP), and cervical vestibular evoked myogenic potentials (cVEMP) after admission, and pure tone audiometry was performed before treatment and at 1 week, 2 weeks, and 1 month after treatment. An EcochG SP/AP ratio of >0.4 and an SP/AP area ratio of >1.92 were considered abnormal. If cVEMP and oVEMP were not elicited or if the amplitude ratio was ≤ 1.61 and the asymmetry ratio was ≤ 0.29 , it was considered abnormal. The chi-square test, the McNemar test, and the Mann-Whitney test were used for comparison of rates between groups, and univariate and multivariate binary logistic regression analyses were used to identify

作者介绍:江黎珠, Email: 909243464@qq.com,

研究方向:耳聋、耳鸣、眩晕。

通信作者:宗小芳, Email: 646192547@qq.com。

基金项目:院内培育基金资助项目(编号:PYJJ2018-17)。

优先出版:https://link.cnki.net/urlid/50.1046.R.20231101.1351.006

(2023-11-02)

the risk factors for the prognosis of ALFHL. **Results:** The abnormal rates of EcochG, cVEMP, and oVEMP were 26.7%, 23.3%, and 35.0%, respectively, in the 60 patients with ALFHL. The abnormal rates of EcochG and oVEMP showed no correlation with age, sex, hearing loss level, starting time of treatment, aural fullness, and dizziness. The abnormal rate of cVEMP in the ALFHL patients with hearing loss >40 dB HL was significantly higher than that in the patients with hearing loss ≤ 40 dB HL ($P < 0.05$). The patients with abnormal EcochG, cVEMP, and oVEMP had a significantly lower degree of hearing improvement than those with normal results ($P < 0.05$). The univariate binary logistic regression analysis showed that abnormal EcochG, cVEMP, and oVEMP were risk factors for non-recovery of ALFHL (all $P < 0.05$), while the multivariate binary logistic regression analysis showed that cVEMP and oVEMP were independent risk factors for non-recovery of ALFHL (both $P < 0.05$). **Conclusion:** Abnormal cVEMP and oVEMP are independent risk factors for non-recovery of ALFHL, which may be associated with the difficulty in the regression of hydrops in the saccule and utricle of ALFHL patients. The detection of abnormal cVEMP and oVEMP indicates a high risk of non-recovery in patients with ALFHL.

[Key words] acute low frequency sensorineural hearing loss; electrocochleography; vestibular evoked myogenic potential; prognosis

急性低频感音神经性聋 (acute low frequency sensorineural hearing loss, ALFHL) 最初被归类为突发性聋的亚型, 但现在被认为是一种独立的疾病^[1]。虽然 ALFHL 的确切病理生理机制尚不清楚, 但以往的研究表明 ALFHL 可能与耳蜗膜迷路积水或梅尼埃病的早期阶段存在潜在关联^[2]。虽然有报道急性 ALFHL 的预后良好, 但仍有部分患者的听力没有改善, 或者尽管有部分改善, 仍无法完全恢复^[3]。这些患者预后不佳的原因和病理生理机制仍不清楚。目前尚不清楚这些患者不能迅速治愈是因为内淋巴积水不容易消退, 还是将进展为梅尼埃病。Inui H 等^[4]最近利用三维磁共振成像发现耳蜗内淋巴积水体积比增加与 ALFHL 无法治愈之间的相关性, 耳蜗和前庭内淋巴积水体积比的增加可能促进了耳蜗型梅尼埃病的发展。因此, 我们猜想是否可通过电生理检测手段评估耳蜗、前庭椭圆囊、球囊内淋巴积水情况, 帮助预测 ALFHL 的预后。

耳蜗电图 (electrocochleography, EcochG) 是一种记录耳蜗电活动的技术, 可帮助判断耳蜗内淋巴积水情况^[5]。前庭诱发肌电性电位 (vestibular evoked myogenic potential, VEMP) 是评估前庭系统中耳石器功能和耳石器前庭神经传导通路的客观方法^[6]。内淋巴积水过多可能导致 VEMP 反应的缺失或振幅的变化^[7]。因此, 在本研究中, 我们采用 EcochG 和 VEMP 分别检测了解耳蜗、耳石器内淋巴积水情况, 并分析上述结果与 ALFHL 患者预后间的相关性。

1 资料与方法

1.1 患者纳入排除标准与治疗方案

将 2020 年 1 月至 2022 年 6 月在重庆医科大学附属第一医院耳鼻咽喉科住院, 共计 60 例首次单侧 ALFHL 患者纳入研究对象。患者纳入标准: 首次发病, 在连续 3 d 内, 250 Hz 和 500 Hz >30 dB HL 的感音神经性听力下降, 在受影响侧的 1、2、4 和 8 kHz 处为正常听力 (≤ 25 dB HL), 在未受影响侧的 0.25、0.5、1、2、4 和 8 kHz 处为正常听力 (≤ 25 dB HL), 且既往无眩晕病史^[3]。排除标准: ①有听力损失、眼震及眩晕病史; ②通过电子耳镜、鼓室图排除急性或慢性中耳炎; ③通过核磁共振排除内听道占位性病变; ④排除其他器质性疾病; ⑤治疗期间已明确病因的。治疗方案为: 口服泼尼松片, 1 mg/kg/d, 不超过 60 mg/d, 连续 5 d, 从第 6 天开始, 隔日 1 次耳后注 40 mg 甲泼尼龙; 七叶皂苷钠 60 mg 口服, 每日两次; 静脉滴注 70 mg 银杏叶提取物, 每日 1 次。治疗 1 周后行纯音听阈复查。治疗 1 周痊愈的患者停止治疗, 未痊愈的患者继续治疗 1 周。2 周后, 只口服七叶皂苷钠片。

1.2 耳蜗电图检查

采用 Neuro-Audio 系统 (俄罗斯 Neurosoft 公司) 在隔音检查室内进行。耳蜗电图的银球电极被放置在耳道最深部靠近鼓膜的上壁位置, 给予 95 dB nHL 的短声刺激, 每侧耳重复测定至少 3 次, 选取重复率好的其中两条波形进行保存。本听力中心 EcochG SP/AP >0.40 和 SP/AP 面积比 >1.92 , 被认为异常。

1.3 前庭诱发肌源性电位检查

使用 Neuro-Audio 系统 (俄罗斯 Neurosoft) 在隔音检查室内对患者进行测试。通过插入式耳机进行 ACS 刺激, 通过 500 Hz 的短纯音刺激, 上升和下降时间为 1 ms, 平台

时间为 2 ms, 每只耳进行 120 次刺激。初始刺激强度为 100 dB nHL, 每次递减 5 dB nHL, 直到 VEMP 反应消失, 并重复此过程 3 次。在敷上电极之前, 患者的皮肤经过消毒, 并涂上导电膏。电极之间的电阻控制在 5 欧姆(Ω)以下。眼性前庭诱发肌源性电位(ocular vestibular evoked myogenic potential, oVEMP)测试时, 于患者双眼眶下缘中点下方约 1 cm 处, 其下 1.5~2.0 cm 外接参考电极。嘱患者听到声音刺激后向上凝视视野上方约 30° 处, 刺激停止时眼球复位。颈性前庭诱发肌源性电位(cervical vestibular evoked myogenic potential, cVEMP)测试时, 双侧胸锁乳突肌中段放置记录电极, 胸骨柄两侧放置参考电极, 眉弓之间为接地电极, 受试者听到声音刺激后抬头约 30°, 使胸锁乳突肌收缩并紧张, 刺激停止后头部复位。cVEMP 和 oVEMP 波形引出与否, 振幅比(≤ 1.61)和不对称比(≤ 0.29), 其中任何一项异常为异常。

1.4 纯音听力测试

纯音听阈测定采用纯音听力计(丹麦 Otometrics 公司), 分别在治疗开始前、治疗后 1 周、2 周和 1 个月进行。疗效评估以 250 Hz 和 500 Hz 的平均值计算, 痊愈为平均值 ≤ 25 dB HL, 而未痊愈为平均值 > 25 dB HL。

1.5 统计学方法

本研究采用 SPSS 22.0 进行统计学分析。计数资料用频数和百分数表示, 各组间率的比较采用卡方检验、McNemar

检验和 Mann-Whitney 检验。分析不痊愈 ALFHL 的危险因素, 采用单因素和多因素二元 logistic 回归。检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 EcochG、cVEMP 和 oVEMP 异常率在 ALFHL 患者中的比较

在 60 名 ALFHL 患者中, EcochG 异常为 26.6% (16/60), cVEMP 异常率为 23.3% (14/60), oVEMP 异常率为 35.0% (21/60)。oVEMP 异常率虽高于 cVEMP 异常率, 但差异无统计学意义 ($P = 0.167$, McNemar 检验)。oVEMP 异常率虽高于 EcochG 异常率, 但差异无统计学意义 ($P = 0.424$, McNemar 检验)。

2.2 异常的 EcochG、cVEMP 和 oVEMP 与临床参数间的关系

本研究分析了 EcochG、cVEMP 和 oVEMP 在不同年龄、性别、听力损失水平、治疗起始时间、有无伴耳闷和头晕等 ALFHL 的异常分布情况(见表 1)。结果显示, cVEMP 在听力损失 > 40 dB HL 的 ALFHL 患者中的异常率显著高于 ≤ 40 dB HL 的患者 ($P = 0.031$, 卡方检验)。而 EcochG 和 oVEMP 异常率与其他临床参数间无相关性。

表 1 EcochG、cVEMP 和 oVEMP 与临床参数间的关系

参数	n	EcochG		χ^2 值	P 值	cVEMP		χ^2 值	P 值	oVEMP		χ^2 值	P 值
		正常	异常			正常	异常			正常	异常		
年龄/岁				0.343	0.558			0.002	0.965			0.041	0.839
<40	41	31	10			32	9			27	14		
≥ 40	19	13	6			14	5			12	7		
性别				0.037	0.848			0.040	0.842			0.590	0.443
男	18	14	4			13	5			13	5		
女	42	30	12			33	9			26	16		
听力损失水平/dB				0.737	0.391			4.673	0.031 ^a			0.188	0.664
≤ 40	28	22	6			25	3			19	9		
> 40	32	22	10			21	11			20	12		
治疗起始时间/d				0.220	0.639			1.088	0.297			0.090	0.765
≤ 7	33	25	8			27	6			22	11		
> 7	27	19	8			19	8			17	10		
耳闷				0.974	0.324			0.522	0.470			3.184	0.074
有	35	24	11			28	7			26	9		
无	25	20	5			18	7			13	12		
头晕				0.000	1.000			0.285	0.593			0.224	0.636
有	12	9	3			8	4			9	3		
无	48	35	13			38	10			30	18		

注: a, $P < 0.05$

2.3 异常 EcochG、cVEMP 和 oVEMP 与 ALFHL 听力提高程度间的相关性

进一步分析异常的 EcochG、cVEMP 和 oVEMP 与 ALFHL 患者听力提高程度间的相关性。结果显示,异常 EcochG、cVEMP 和 oVEMP 的患者听力提高水平均低于 EcochG、cVEMP 和 oVEMP 正常的患者($P<0.05$)(表 2)。

表 2 EcochG、cVEMP 和 oVEMP 与听力提高程度间的关系

参数	听力提高程度/dB			Z 值	P 值
	<15	15~30	>30		
EcochG				-5.408	0.000
正常	11	28	5		
异常	5	7	4		
cVEMP				-5.290	0.000
正常	9	31	6		
异常	7	4	3		
oVEMP				-2.335	0.020
正常	7	25	7		
异常	9	10	2		

2.4 单因素和多因素 logistics 回归分析 ALFHL 不痊愈的影响因素

在本研究中,60 例 ALFHL 患者中,有 42 例(70.0%)痊愈,而 18 例(30.0%)未痊愈。为了更全面获得影响 ALFHL 不痊愈的危险因素,本研究将性别、年龄、治疗起始时间、初始听力损失水平、伴耳闷和头晕等临床参数与 EcochG、cVEMP 和 oVEMP 等一并纳入了单因素 logistic 回归分析(见表 3)。结果显示,ALFHL 的不痊愈与性别、年龄、初始听力损失水平、治疗起始时间、耳闷和头晕无相关性。而值得注意的是,EcochG 异常的 ALFHL 未痊愈率 50.0%,显著高于 EcochG 正常的 22.7%($P=0.047$)。此外,在 cVEMP 和 oVEMP 异常的患者中,未痊愈率分别为 64.3%和 52.4%,显著高于 cVEMP 正常患者的 19.6%($P=0.003$)和 oVEMP 正常患者的 17.9%($P=0.008$)。

将 EcochG、cVEMP 和 oVEMP 纳入多因素二元 Logistic 回归分析。结果显示(表 4),cVEMP 和 oVEMP 是 ALFHL 患者不痊愈的独立危险因素。cVEMP 异常患者不痊愈的风险是 cVEMP 正常患者的 5.1 倍,而 oVEMP 异常患者不痊愈的风险是 oVEMP 正常患者的 4.4 倍。

表 3 单因素 logistics 回归分析 ALFHL 不痊愈的影响因素[(n, %); $\bar{x} \pm s$]

参数	n	痊愈	未痊愈	Exp(B)	95%CI for Exp(B)	P
性别				0.558	0.173~1.798	0.328
男	18(30.0)	11(61.1)	7(38.9)			
女	42(70.0)	31(73.8)	11(26.2)			
年龄		34.07 ± 10.86	37.39 ± 12.30	1.026	0.977~1.078	0.298
治疗起始时间/d				2.554	0.822~7.936	0.105
≤7	33(55.0)	26(78.8)	7(21.2)			
>7	27(45.0)	16(59.3)	11(40.7)			
听力损失水平/dB				3.147	0.951~10.419	0.060
≤40	28(46.7)	23(82.1)	5(17.9)			
>40	32(53.3)	19(59.4)	13(40.6)			
耳闷				1.179	0.381~3.640	0.775
有	35(58.3)	24(68.6)	11(31.4)			
无	25(41.7)	18(72.0)	7(28.0)			
头晕				1.214	0.314~4.693	0.778
有	12(20.0)	8(66.7)	4(33.3)			
无	48(80.0)	34(70.8)	14(29.2)			
EcochG				3.400	1.017~11.371	0.047
正常	44(73.3)	34(77.3)	10(22.7)			
异常	16(26.7)	8(50.0)	8(50.0)			
cVEMP				7.400	1.989~27.527	0.003
正常	46(76.7)	37(80.4)	9(19.6)			
异常	14(23.3)	5(35.7)	9(64.3)			
oVEMP				5.029	1.539~16.433	0.008
正常	39(65.0)	32(82.1)	7(17.9)			
异常	21(35.0)	10(47.6)	11(52.4)			

表 4 多因素 logistics 回归分析 ALFHL 不痊愈的影响因素 ($n, \%$)

参数	n	痊愈	未痊愈	Exp(B)	95%CI for Exp(B)	P
EcochG				3.233	0.776~13.465	0.107
正常	44(73.3)	34(77.3)	10(22.7)			
异常	16(26.7)	8(50.0)	8(50.0)			
cVEMP				5.146	1.223~21.657	0.025
正常	46(76.7)	37(80.4)	9(19.6)			
异常	14(23.3)	5(35.7)	9(64.3)			
oVEMP				4.437	1.172~16.797	0.028
正常	39(65.0)	32(82.1)	7(17.9)			
异常	21(35.0)	10(47.6)	11(52.4)			

3 讨 论

ALFHL 具有听力自然恢复痊愈的特点,或者在短期治疗后大多数病例可以痊愈,但仍约有三分之一的 ALFHL 患者无法在短时间内痊愈^[8-9]。导致这部分 ALFHL 患者未痊愈的潜在病理生理机制仍不清楚。关于它是否与耳蜗、前庭的内淋巴水肿有关,目前国内外的研究报道较少。因此,本研究检测了可提示耳蜗、前庭耳石器内淋巴积水的 EcochG、cVEMP 和 oVEMP 在 ALFHL 患者中的异常率,并分析其异常率与临床参数间的关系,以及与 ALFHL 的短期不痊愈的相关性。

既往研究发现,VEMP 异常与内耳源性耳闷有相关性,异常的 VEMP 和 EcochG 在不同年龄、性别的内耳源性耳闷患者中分布无显著差异性^[7]。在本研究中发现,异常的 EcochG 和 oVEMP 在不同年龄、性别、听力损失水平、治疗起始时间、有无伴耳闷和头晕的 ALFHL 患者中分布无差异性。cVEMP 在听力损失大于 40 dB HL 的 ALFHL 中异常率更高。这提示,除 cVEMP 外,EcochG 和 oVEMP 的异常与上述临床参数并无相关性。

Fushiki H 等^[10]研究发现,经初始治疗后 ALFHL 的未痊愈率为 37.1%,而本研究结果也显示,ALFHL 患者未痊愈率为 30.0%。过去的研究发现 ALFHL 患者年龄、治疗起始时间等因素对 ALFHL 预后有影响^[3,9]。本研究将患者年龄、性别、听力损失水平、治疗起始时间、伴耳闷和头晕等参数纳入分析。我们发现 ALFHL 患者的未痊愈与性别、年龄、听力损失水平、治疗起始时间、耳闷和头晕均没有相关性。

分析与其他研究报道有差异性的原因,可能与过去这部分研究样本量偏少有关。

Im G 等^[11]报道,ALFHL 患者中 EcochG 异常值的比率为 35.5%,但 Choi HG 等^[9]发现 ALFHL 患者中 EcochG 异常率为 1.6%。本研究中发现 26.7% 的 ALFHL 患者存在 EcochG 异常值。有报道称,EcochG 异常值与 ALFHL 听力波动或进展为梅尼埃病的风险增加有关^[12]。Im GJ 等^[11]还报道了随着低频听力损失的增加,EcochG 异常的比例也增加。而本研究发现,ALFHL 听力损失程度的增加与 EcochG 异常率无相关性。但是,EcochG 异常的 ALFHL 患者,其听力提高程度显著低于 EcochG 正常的患者。此外,EcochG 异常的 ALFHL 患者的未痊愈显著高于 EcochG 正常的患者。但,EcochG 并非是 ALFHL 患者的不痊愈独立危险因素,这可能因为本研究样本量偏小。

1 项关于 ALFHL 中 VEMP 的研究显示,大多数 ALFHL 患者的 VEMP 结果正常,只有 8% 的异常率^[13]。Im GJ 等^[11]的研究也报道了 ALFHL 患侧的 VEMP 平均振幅与正常听力一侧无显著差异。但在本研究中,ALFHL 患者中 cVEMP 和 oVEMP 的异常率分别为 23.3 和 35.0%。本研究中 ALFHL 患者的 VEMP 异常率远高于先前研究中报道的 VEMP 异常率,这可能与这些研究没有将 VEMP 振幅比值和不对称性纳入分析有关。较多关于梅尼埃病(Meniere's disease, MD)的研究报告称,内淋巴积水与 cVEMP 消失之间存在显著关联^[14-15]。有研究显示,54% 的 MD 患者的患侧 cVEMP 未引出^[14]。本研究发现 45.0% (cVEMP 或 oVEMP 异常) 的 ALFHL 患者存在反应缺失或 VEMP 振幅降低,这表明 45.0% 的

ALFHL 患者存在耳石器的内淋巴积水可能。1 项关于 ALFHL 的研究报告指出, c-VEMP 的原始振幅和校正振幅与 ALFHL 的听力恢复之间没有显著相关性^[16]。然而, 本研究发现, cVEMP 或 oVEMP 异常的 ALFHL 患者, 其听力提高程度显著低于 cVEMP 或 oVEMP 正常的患者。此外, cVEMP 或 oVEMP 异常的 ALFHL 患者中, 未痊愈的比例显著高于 cVEMP 或 oVEMP 正常的患者, 并且 cVEMP 异常的 ALFHL 患者的未痊愈风险是 cVEMP 正常患者的 5.1 倍, oVEMP 异常的 ALFHL 患者的未痊愈风险是 oVEMP 正常患者的 4.4 倍, 这提示, cVEMP 和 oVEMP 异常的 ALFHL 患者短期内不完全恢复听力的风险显著增加, 猜测可能与球囊和椭圆囊内无法消除的严重积水有关。

综上所述, 本研究发现, 约 1/3 的 ALFHL 患者短期不痊愈, 异常的 cVEMP 和 oVEMP 是 ALFHL 患者不痊愈的独立危险因素, 这可能与 ALFHL 患者的球囊和椭圆囊内淋巴积水严重消退困难有关。通过对 ALFHL 患者检查 cVEMP 和 oVEMP 可能有助于预判其短期不痊愈的风险。而耳蜗电图异常是否也是影响 ALFHL 不痊愈的危险因素, 需进一步增加病例数进行研究。

参 考 文 献

- [1] Imamura S, Nozawa I, Imamura M, et al. Clinical observations on acute low-tone sensorineural hearing loss. Survey and analysis of 137 patients[J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 1997, 106(9): 746-750.
- [2] Yamasoba T, Sugawara M, Kikuchi S, et al. An electrocochleographic study of acute low-tone sensorineural hearing loss[J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 1993, 250(7): 418-422.
- [3] Diao TX, Chen YR, Jing YY, et al. Clinical characteristics and prognosis of acute low-frequency hearing loss and ascending sensorineural sudden sensorineural hearing loss[J]. *Front Neurosci*, 2022, 16: 1076109.
- [4] Inui H, Sakamoto T, Ito T, et al. Magnetic resonance imaging of the endolymphatic space in patients with acute low-tone sensorineural hearing loss[J]. *Auris Nasus Larynx*, 2019, 46(6): 859-865.
- [5] Peng AQ, Hu JJ, Wang Q, et al. Modulation of hearing function following the downgrading or upgrading of endolymphatic hydrops in Meniere's disease patients with endolymphatic duct blockage[J]. *PLoS One*, 2020, 15(10): e0240315.
- [6] Murofushi T. Clinical application of vestibular evoked myogenic potential (VEMP)[J]. *Auris Nasus Larynx*, 2016, 43(4): 367-376.
- [7] Jiang LZ, Qian Y. The value of vestibular evoked myogenic potential and electrocochleography in unexplained aural fullness[J]. *Acta Otolaryngol*, 2022, 142(3/4): 225-228.
- [8] Park MJ, Kim SH, Kim SS, et al. Clinical characteristics and short-term outcomes of acute low frequency sensorineural hearing loss with Vertigo[J]. *Clin Exp Otorhinolaryngol*, 2018, 11(2): 96-101.
- [9] Choi HG, Park KH, Seo JH, et al. Clinical and audiological characteristics of acute low-tone sensorineural hearing loss: therapeutic response and prognosis[J]. *Korean J Audiol*, 2011, 15: 8-14.
- [10] Fushiki H, Junicho M, Kanazawa Y, et al. Prognosis of sudden low-tone loss other than acute low-tone sensorineural hearing loss[J]. *Acta Otolaryngol*, 2010, 130(5): 559-564.
- [11] Im GJ, Kim SK, Choi J, et al. Analysis of audio-vestibular assessment in acute low-tone hearing loss[J]. *Acta Otolaryngol*, 2016, 136(7): 649-654.
- [12] Guo XD, Wang QL, Mei XS, et al. Value of videonystagmography and electrocochleography in prognosis prediction of patients with acute low-tone sensorineural hearing loss[J]. *Lin Chuang Er Bi Yan Hou Tou Jing Wai Ke Za Zhi*, 2016, 30(10): 767-769; 773.
- [13] Wu CL, Young YH. Vestibular evoked myogenic potentials in acute low-tone sensorineural hearing loss[J]. *Laryngoscope*, 2004, 114(12): 2172-2175.
- [14] de Waele C, Huy PT, Diard JP, et al. Saccular dysfunction in Meniere's disease[J]. *Am J Otol*, 1999, 20(2): 223-232.
- [15] Egami N, Ushio M, Yamasoba T, et al. The diagnostic value of vestibular evoked myogenic potentials in patients with Meniere's disease[J]. *J Vestib Res*, 2013, 23(4/5): 249-257.
- [16] Wang CT, Fang KM, Young YH, et al. Vestibular-evoked myogenic potential in the prediction of recovery from acute low-tone sensorineural hearing loss[J]. *Ear Hear*, 2010, 31(2): 289-295.

(责任编辑: 李青颖)